

ÜBER DIE MORPHOLOGISCHEN UND HYDROGRAPHISCHEN VERHÄLTNISSE IN MITTEL-DALMATIEN

Die geologische Erforschung Mitteldalmatiens brachte einen genauen Einblick in den Gebirgsbau und in die Beschaffenheit der an diesem Baue beteiligten Gesteine. Sie vermehrte und förderte so auch die Kenntnis der geographischen Verhältnisse des Landes, zunächst in morphologischer Beziehung, weil das Verständnis für die Anordnung und Gestalt der Planinen und Poljen auf der Kenntnis ihres geologischen Baues beruht, und dann in hydrographischer Beziehung, weil die Beschaffenheit der Gesteine und ihre Lagerungsform bei der Quellenbildung eine wichtige Rolle spielt. Auch die durch die geologische Untersuchung gewonnene Erfahrung über die Entwicklungsgeschichte des Landes ist — soweit sie jenen jüngsten Teil der Vorzeit betrifft, in welchem sich die jetzigen Geländeformen bildeten — für den Geographen wichtig.

Dalmatien zählt zu jenen Ländern, in welchen sich das Relief in engster Abhängigkeit vom geologischen Baue befindet. Die dort das oroplastische Gesamtbild beherrschenden Bodenformen sind bekanntlich langgestreckte Bergrücken und Hügelreihen, welche durch Schichtfalten gebildet werden.

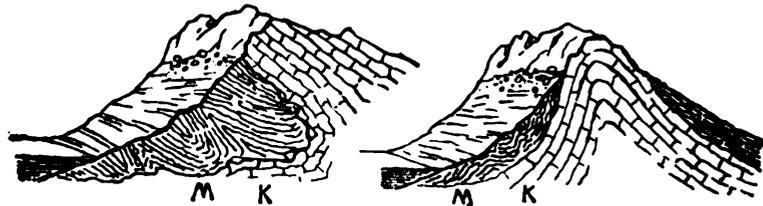
In der Mosor planina bei Spljet wurde die Grundform einer einfachen Falte, wie sie entsteht, wenn man mit dem Finger über ein Tischtuch fährt, in reiner Ausbildung angetroffen. Sowohl der Hauptkamm des Mosor als auch seine Vorketten zeigen diese Bauart und zwar sind es meist Kalksteinschichten der oberen Kreideformation, welche in sogenannte domförmige Falten gelegt sind. Die Schichten liegen dort in der Mitte ganz flach und so kommt es, dass man — obwohl der Anstieg zu jenen Bergen sehr mühevoll ist — auf ihren Rücken oben leicht wandern kann.

Der oben gemachte Vergleich mit der Falte im Tischtuche gilt nur für die äussere Form. Im Innern ist die Schichtfalte nicht hohl, wie die Falte im Tuche, sondern von tieferen Schichten ausgefüllt, welche ein steiles Dach formen. Viele Bergrücken in Dalmatien, besonders in der Landschaft Zagorje zeigen diese dachförmige Struktur, wie man sie an den Mosorfalten sehen würde, wenn ihre äusseren Schichten entfernt wären. Die Falten mit Dachstruktur bezeichnen so ein weiter vorgeschrittenes Stadium der Denudation als die domförmigen Falten. Man kann darum vermuten, dass die Aufrichtung des Küstengebirges in Mitteldalmatien, welches noch Schichtgewölbe aufweist, in einer späteren Zeit erfolgte, als die Bildung der Gebirge im Landinnern.

Schon bei der ersten geologischen Erforschung Dalmatiens wurde erkannt, dass die Schichtfalten oft gegen Südwest geneigt sind. Sie bestehen dann nicht aus einer gegen NO und einer gegen SW einfallenden Hälfte (symmetrische Antiklinalen) sondern aus Schichten, die alle mehr oder weniger steil gegen NO einfallen. Dabei schrumpft der südwestliche Fal-

tenteil oft sehr ein. Durch die Detailaufnahme wurden besonders in der Gegend zwischen Šibenik und Spljet verschiedene Formen von schiefen Falten festgestellt. Wichtig war der Nachweis, dass auch in Dalmatien jene Strukturformen oft vorkommen, welche man als Überschiebungen bezeichnet. Es verschwindet da der südwestliche Faltenzug ganz und es schieben sich die inneren oder Kernschichten einer Falte auf die äusseren oder Mantelschichten des meerwärts benachbarten Faltenzuges. Es kommen dann geologisch ältere auf geologisch jüngere Schichten zu liegen. Man sieht dann meist Kalke oder Mergel der Eozänformation von Kalken der Kreideformation überdeckt.

Gebirgszüge von dieser Bauart sind der Opor und der Kozjak im Norden des Golfes von Kastela. Die fruchtbaren, mit vielen Weingärten, Feigen- und Olivenpflanzungen bewachsenen unteren Abhänge dieser Berge bestehen aus Mergeln der Nummulitenformation, die sich darüber steil



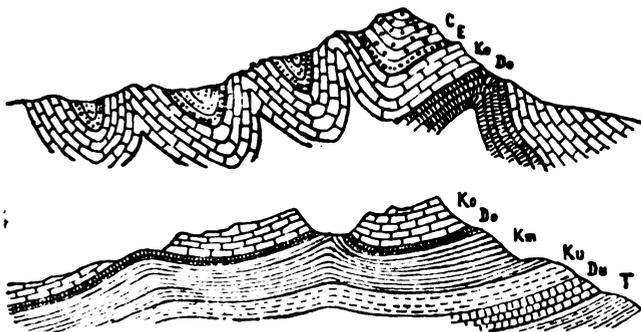
Figur 1. Gleichheit der Bergform bei Verschiedenheit des Gebirgsbaues in den Küstengebirgen Dalmatiens.

erhebende Felsmauer baut sich aus Kreidekalkstein auf. Ganz denselben Anblick bietet der Poljica-Kamm zwischen Spljet und Omiš. Hier entsprechen die Kalke der das Gehänge krönenden Felsmauer den Kernschichten einer steilen Falte, an welche sich die Mergel als Mantelschichten seitlich anlagern. Dieses Beispiel zeigt, dass morphologisch gleiche Verhältnisse durch ganz verschiedene Tektonik bedingt sein können.

Einen besonders komplizierten Bau zeigt die Moseč planina zwischen Drniš und Sinj. Sie besteht aus mehreren steilen Falten von oberem Kreidekalk, zwischen welchen eozäne Kalkschichten in engen Mulden eingeklemmt sind. Im Gegensatz dazu baut sich die Svilaja planina, das grösste Gebirge Mitteldalmatiens, aus mehreren flachen Schichtmulden auf. Den hohen Hauptkamm bilden hier Kalke der oberen Kreideformation, den tieferen Gebirgstheil Kalke der unteren Kreide- und der Juraformation. Auch zwischen diesen beiden Planinen sind die morphologischen Unterschiede nicht gross. Betreffs der Gebirge Dalmatiens gilt so der Satz, dass sie bei ähnlicher Gestalt einen sehr mannigfaltigen Bau aufweisen.

Anders verhält es sich in Dalmatien bei den Hohlformen des Bodenreliefs. Diese zeigen schon in morphologischer Beziehung eine grosse Verschiedenheit. Der Typus der grossen Flusstäler erscheint da nur durch das oberste Cetinatal zwischen Vrlika und Sinj vertreten, doch fällt auch dieses Tal durch den Mangel an Seitentälern auf. Es entspricht einer in ihrem

Mittelstücke geschlossenen tiefen Gebirgsspalte. Kleine Längstäler mit oberflächlicher Entwässerung trennen die Vorketten des Mosor. Sie folgen meist langgestreckten Schichtmulden aus alttertiären Mergelgesteinen. Dagegen steht das Tal der oberen Sutina bei Sinj zu einem grossen Längsbruche



Figur 2. — Gebirgsbau der Moseč planina und Gebirgsbau der Svilaja planina.

in Beziehung, an welchem sich Schichten der Trias- und Kreideformation berühren. Das obere Vrbatal westlich von Muć ist aber ein Quertal, welches die am Südfusse der Svilaja planina aufgeschlossene mesozoische Schichtenreihe durchbricht.

An diese Täler reihen sich als kleine Hohlformen mit gleichsinnigem Gefälle die zahlreichen Gräben, welche in undurchlässige und schwer durchlässige Schichten eingeschnitten sind. Dahin gehören die Gräben in den Tonschiefern und Dolomiten der Triasformation (Radača potok und Suvaja potok bei Muć), in den Dolomiten den Kreideformation (Drinova draga bei Dicmo), in den Mergeln der Flyschformation (Rapotina potok bei Kliš) und viele andere. Auch die Duboka draga nördlich von Muć in den Plattenkalken der obersten Juraformation gehört hieher. Diese Gräben sind nicht selten verzweigt und vorzugsweise ein Produkt der Erosion. Sie sind nicht an grosse tektonische Linien wie Längs- und Querbrüche, Überschiebungen, Achsen von Schichtmulden geknüpft, nur den ersten Anlass zu ihrer Entstehung dürften kleine Schichtenstörungen gegeben haben.

Die Wasserführung ist bei den bisher besprochenen Hohlformen des Reliefs sehr verschieden. Nur die Krka und Cetina (und die kleinen Küstengewässer Jadar und Stobrec) sind in Mitteldalmatien dauernd fliessend. Doch verhält sich auch bei ihnen die kleinste zur grössten Wassermenge nur etwa wie 1 : 40. Die kleinen Flüsse wie Vrba, Sutina, Zernovnica, Smovo potok, versiegen im Sommer. Viele Gräben bleiben aber während eines grossen Teiles des Jahres trocken und werden nur nach starken Winterregen von Wasser durchrauscht.

Es gibt in Dalmatien aber vele kleine Täler und Gräben, welche jetzt dauernd trocken sind und auf ihrer Sohle auch gar keine Wasser-rinnsale haben. Sie sind in verkarsteten Kalkboden eingeschnitten. Ihre Sohle besteht, wie der Boden der Dolinen, aus kleinen Flecken von Roterde im Wechsel mit Felsboden. Diese Trockentäler weisen auf eine Zeit, in

welcher der Grundwasserspiegel noch nahe der Landoberfläche lag. Man nimmt bekanntlich an, dass zur Eiszeit in den nicht vergletscherten Gebieten ein feuchteres Klima, eine Pluvialzeit herrschte. Durch grossen Regenreichtum konnte eine starke Hebung des Grundwasserspiegels aber nicht erfolgen, weil dann der Abfluss zum Meere rascher geschah. Dagegen konnte der Grundwasserspiegel nahe der Landoberfläche liegen, wenn diese Fläche selbst tiefer lag. Die Trockentäler sprechen so für eine junge Hebung des Geländes, in welchem sie vorkommen.

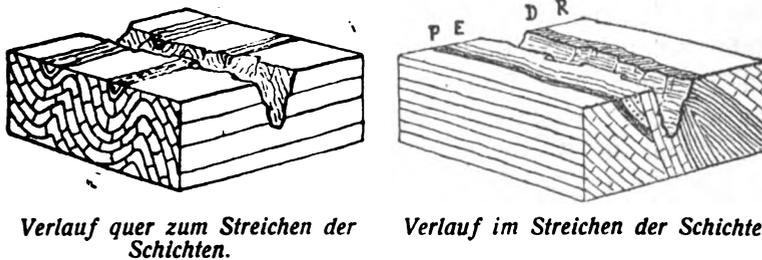
Den Gegensatz zu diesen Trockentälern bilden die sogenannten ertrunkenen Täler der unteren Krka und Čikola. Die Krka hat abwärts vom Wasserfalle bei Slap nicht mehr den Charakter eines Flusses. Sie erscheint als enger Fjord mit einer Ausweitung, dem See von Prokljan. Dieser Befund ist durch die Absenkung eines früheren Flusstales zu erklären. Es ist anzunehmen, dass sich dieses alte Tal vor der Mündung der Krka am Meeresboden fortsetzt. In tektonischer Beziehung ist das untere Krkatal eine Kette von abwechselnden Längs- und Quertalstrecken, von denen die ersteren in Schichtmulden liegen, während die letzteren die diese Mulden trennenden Schichtfalten durchbrechen.

Eine besondere Art von Hohlformen des Reliefs sind in Dalmatien die Cañontäler. Sie sind von den schluchtartigen Talstrecken von alpinem Typus, mit welchen sie meist den Mangel an Verzweigungen teilen, dadurch verschieden, dass sie in wasserlose Ebenen eingeschnitten sind. Auch haben sie eine viel grössere Länge als die Klammen der Alpen. Diese wasserlosen Ebenen sind in Mitteldalmatien aber nicht durch horizontal gelagerte Schichten gebildet. Sie sind durch Abtragung gefalteten Landes entstanden. Als die Gegend Miljevcı oder Fastebene (Peneplain) von Skradin, [welche der Cañon der Krka (und der oberste Teil ihres ertrunkenen Tales) durchquert, das Interesse ausländischer Gelehrter erregte, war ihr Faltenbau durch die geologische Aufnahme schon festgestellt. Seither wurden auch die Fastebenen der Cetina geologisch untersucht.

Der grosse Cañon der Cetina zwischen Katuni und Duare durchschneidet wie der Cañon der Krka und der Cañon der Čikola die Schichten quer zu ihrem geologischen Streichen. Es sind Kalke der oberen Kreideformation, welche der Fluss hier durchbricht. Der Cañon der Cetina flussabwärts von Trilj verläuft dagegen in der Streichungsrichtung der Kreidekalke, in welche er eingeschnitten ist. Er nimmt so in tektonischer Beziehung eine besondere Stellung ein. Auch Trockentäler von Cañonform kommen in Mitteldalmatien vor. Ein Beispiel ist die untere Korito draga, welche bei Otok in das Sinjsko polje mündet. Sie durchschneidet ein Karstgelände, welches aus Kalkschichten der mittleren Kreideformation besteht.

Ein Cañon ist die Leistung lange dauernder Flusserosion auf einer Linie. Eine Fastebene ist das Werk flächenhafter Zerstörung durch fliessendes Wasser. Sie wurde durch einen vielleicht in viele Arme zerteilten und in vielen Schlingen verlaufenen Fluss erzeugt, welcher seinen vielgewundenen Lauf öfter änderte. Die Wahrzeichen eines solchen Flusses sind kleine

Kiesel, welche man im Karstgelände der Fastebenen verstreut trifft. Solche Kiesel, die letzten Reste von Flussschottern, fanden sich bei Kievo und Dragovice und in besonders grosser Menge zwischen Potravlje und Ervace, im oberen Cetinatale. Auch auf der Ebene Podovi südlich von Sinj und in der Umgebung von Ugljane wurden sie gefunden.



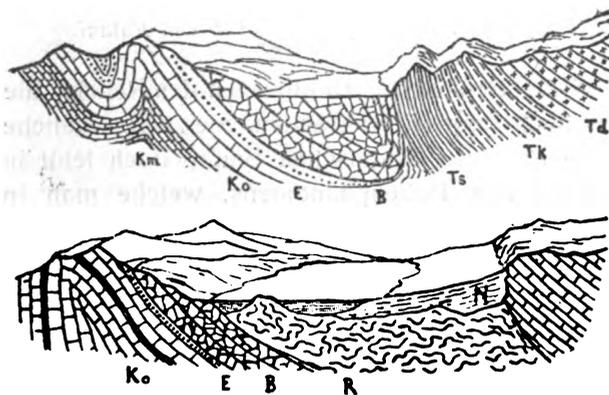
Figur 3. — Der Cañon der Cetina südlich von Trilj und südlich von Katuni.

Die für die Karstländer charakteristischen Hohlformen des Reliefs, die Poljen, sind in Mitteldalmatien auch zahlreich vorhanden. Sie zeigen manche Verschiedenheiten in der Form und im geologischen Baue; doch fehlt in Dalmatien jene grosse Entfaltung des Poljenphänomens, welche man in Westbosnien sieht. Die grossen Karstwannen Dalmatiens, das Petrovo polje und Sinjsko polje, sind keine Poljen im strengen hydrographischen Sinne; sie haben keine Ponore und werden oberflächlich entwässert. Doch erfolgt nur beim Eintritte des durchfliessenden Gewässers eine blosse Ausweitung seines Tales. Beim Austritte des Flusses aus dem Polje erfolgt zugleich mit der Verengung auch ein gänzlicher Formenwechsel der Talrinne. Denn die dalmatischen Poljenflüsse treten in die früher genannten Cañontäler ein.

Das Petrovo polje bildet eine Ausweitung des Vrbatales, der Fluss dieses Poljes, die Čikola, entspringt aber erst im schon erweiterten Tale aus einem Quellsee. Das Sinjsko polje ist eine Erweiterung des oberen Cetinatales. Die Cetina tritt schon als grösserer Fluss in das Polje ein und wird in demselben noch durch drei Quellbäche verstärkt. Zwischen beiden Poljen liegt das Polje von Muć. Dieses ist ein echtes Polje mit Ponoren. Es liegt in der Fortsetzung eines westlichen Seitentales des Sinjsko polje, des Sutinatales, und verläuft parallel zum Tale der Vrba. Die Wasserscheide gegen das Petrovo polje wird so durch einen Längsrücken, jene gegen das Sinjsko polje durch einen Querrücken gebildet. Das Petrovo polje wird durch eine flache Bodenwelle vom Kosovo polje getrennt, welches zum kleinen Kninsko polje gehört. Dieses ist eine Ausweitung des Tales der Butišnica, des grössten Nebenflusses der oberen Krka. Die Krka kommt aber aus einem engen Tale, von welchem man über einen breiten Sattel in das oberste Cetinatal gelangt. Die Quellen der Krka sind nicht weit vom Quellsee der Cetina entfernt. So bilden die grossen dalmatischen Poljen Teilstücke zweier grosser Gebirgsspalten, welche sich im Norden bei Knin und im Süden bei Sinj vereinigen und die Svilaja planina zwischen sich einschliessen.

Im Petrovo polje folgt die Cikola dem westlichen Poljenrande; hier liegt der Grundwasserspiegel an diesem Rande am tiefsten. Im Sinjsko polje empfängt die Cetina aber auch von der Westseite her sehr kleine Zuflüsse aus Quellen. Hier findet gegen den westlichen Poljenrand wieder ein sehr schwaches Ansteigen des Grundwasserspiegels statt.

Im Innern des Petrovo polje treten dyadische Zellendolomite und untertriadische Schiefer zu tage. Am Südwestrande tauchen Konglomerate der Eozänformation in das Polje hinab. Am Ostrand fallen Kalkschichten der Kreideformation vom Polje weg. Diese Tektonik wird verständlich, wenn man jene des benachbarten Mučko polje betrachtet. Bei Muč werden die Südwand und der Boden des Polje durch eozäne Breccien und Konglomerate gebildet. Diese stossen am nördlichen Poljenrande an die unteren Grenzschichten der Triasformation, über welchen die ganze mesozoische Schichtreihe bis zur oberen Kreideformation folgt.



Figur 4. — Petrovo Polje und Mučko Polje.

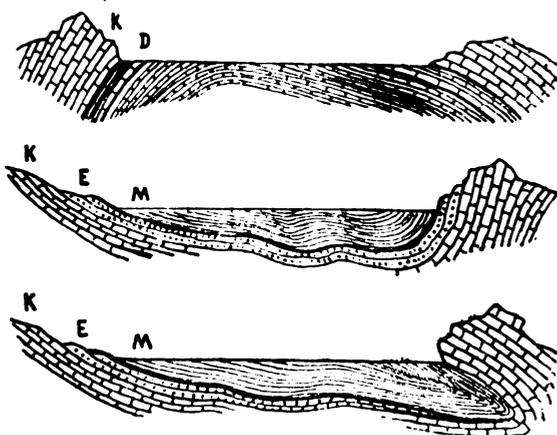
Kreideformation folgt, ist durch eine grosse Verwerfung zu erklären, an welcher der Ostflügel tief absank. Bei Sinj treten nur am nördlichen Ende des Poljes Gesteine der Dyas- und Triasformation auf. Dass der Untergrund dieses Poljes aber auch aus solchen Gesteinen besteht und diese nur verhüllt sind, erkennt man daraus, dass Triasgesteine im Gelände südöstlich vom Polje bei Cačvina wieder hervortreten. An den Seitenrändern der Ebene von Sinj sieht man meist Kreidekalke, im Westen auch eozäne Breccien. Diese tektonischen Verhältnisse sind ähnlich wie jene im Petrovo polje zu erklären.

Die Zellendolomite und Tonschiefer wurden von der Zerstörung mehr betroffen als die sie umgebenden Kalke. Es kamen so Hohlformen zu stande, welche sich durch Senkungen erweiterten. Diese Hohlformen füllten sich in der jüngeren Tertiärzeit mit Süswasser. Am Grunde der gebildeten Seen wurden Mergel und Kalke abgesetzt, welche sich über die Trias-Schichten breiteten. In späterer Zeit fanden wieder Senkungen statt, denn die jungtertiären Mergel sind nicht mehr horizontal gelagert, sondern zum Teile schräg gestellt. An den Rändern der Poljen stossen die Mergel an Verwerfungen gegen die benachbarten Kalke ab. Diese Senkungen sind

noch nicht zum Abschlusse gelangt. Das grosse Erdbeben von Sinj im Juli 1898 wurde durch eine Schichtenverschiebung am Südwestrande des Poljes bei Turjake und Košute verursacht. Die Seenbildung fand in den Urtälern der Cetina, Krka und Cikola statt. Im Polje von Muć wurden dagegen keine jungtertiären Süswasserschichten abgesetzt.

Bei den kleineren Poljen Dalmatiens kann man wie bei den Tälchen zwei Gruppen unterscheiden; solche, welche in der Richtung des Schichtstreichens in die Länge gestreckt sind und sich an tektonische Linien knüpfen, und solche, welche unregelmässig umgrenzt sind und hauptsächlich als Produkte der Erosion erscheinen. Unter den ersteren Poljen gibt es solche, welche als Aufbrüche von Schichtfalten (Priljuge nordöstlich von Šibenik) und solche, welche als Schichtmulden (Danilo östlich von Šibenik) zu erkennen sind. Manchmal sind auch kleine Poljen an Überschiebungen gebunden.

In einigen Fällen wird da die Südwest- oder Süd- oder Südostwand des Poljes durch Kalke des älteren Eozäns, der Boden durch Mergel des mittleren Eozäns und die Nordost- oder Nordwand des Poljes durch Kreidekalke gebildet, welche auf die Mergel aufgeschoben sind (Poljen von Blaca und Konjsko nördlich von Spljet). In anderen Fällen besteht die nördliche Poljenwand aus Dolomiten der Kreideformation, welche auf jüngere Kalkschichten geschoben sind, die den Boden des Poljes bilden.

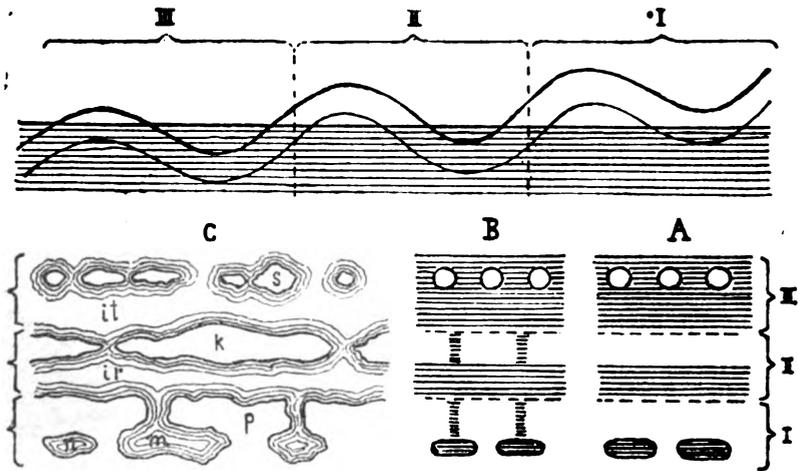


Figur 5. — Aufbau der kleinen Poljen.
1. Antiklinal Polje. — 2. Synklinal Polje. — 3. Überschiebungspolje.

Manche der kleinen Poljen Dalmatiens zeigen einen komplizierten Bau. Die Mulde, deren tiefsten Teil der Jezero von Jadrtovac einnimmt, ist von Längsbrüchen durchschnitten, das Polje von Trnbuši an der mittleren Cetina wird von Querverschiebungen durchsetzt. Im Polje von Blaca und im Polje von Dolac am Mosor treten sekundäre Faltungen auf. In hydrologischer Beziehung verhalten sich die kleineren Poljen Mitteldalmatiens auch verschieden. Die Mehrzahl von ihnen hat unterirdische Entwässerung. Das Polje von Danilo hat einen oberflächlichen Abfluss. Die Wässer, welche sich in dieser Mulde sammeln, finden durch die enge Dabar draga einen Ausweg gegen das Meer, wie die Wässer des Petrovo polje durch den Cañon der Cicola abfliessen.

Eine vereinte tektonische Betrachtung von Erhabenheiten und Hohlformen des Geländes ist für den Geographen zum Verständnisse des dalmatinischen Küstenreliefs nötig. Zur Erklärung der manigfaltigen Erscheinungen desselben muss man von der Annahme eines sich in der Richtung

quer zum Schichtstreichen absenkenden Faltenystems ausgehen. Es ergeben sich dann zunächst drei Küstenzonen: eine äussere, in welcher nur die tiefsten Teile der Schichtmulden unter Wasser liegen (Strandseen), eine mittlere, in welcher die Schichtmulden schon ganz unter Wasser, die Faltenzüge aber noch ganz über Wasser sind, und eine innere, in welcher auch von den Faltenrücken nur die höchsten Teile noch über den Meeresspiegel emporragen (Skoglienketten). Eine erste Modifikation dieses Schemas bedingen tiefe Einschnitte im ersten äusseren Faltenzuge. Sie formen die Strandseen in Muldenhäfen um und geben zur Entstehung von Prälitörälrrücken Anlass (Hafen von Šibenik u. Jezero von Jadrtovac und Prälitörälrrücken Razina). Eine zweite Modifikation jenes Schemas wird durch tiefe Einsattlungen im zweiten mittleren Faltenzuge bedingt. Es erzeugt langgestreckte Ketteninseln. Eine weitere Modifikation ergibt sich aus der Spaltung



Figur 6. -- Schema des dalmatischen Küstenreliefs.

eines Faltenzuges in zwei Faltenflügel bei Überflutung der Achsenregion der Falte. Sie tritt ein, wenn die Kernschichten einer Falte leichter zerstörbar sind als ihre Mantelschichten. Eine andere Modifikation des obigen Schemas kommt durch Absinken des Faltenystems in der Richtung des Schichtstreichen zu stande. Durch dieses Absinken kann sich ein Prälitörälrrücken in eine Ketteninsel fortsetzen und eine solche Insel in einer Skoglienkette ihre Fortsetzung finden.

Das klassische Entwicklungsgebiet des dalmatinischen Küstenreliefs ist bekanntlich die Umgebung von Šibenik, der celadussische Archipel und die nördliche Küste bis Zadar. Die Inseln Incoronata, Ugljan und Pasman sind hier ausgezeichnete Beispiele für Ketteninseln. Sie werden zum teil von typischen Skoglienketten begleitet. Auch zu Gruppen vereinte Skoglien lösen sich bei der geologischen Untersuchung in Verbände von tektonisch zusammengehörigen Skoglienketten auf. So wurden die Skogliengruppen südöstlich von Zlarin und westlich von Šuljet als Verbände je dreier Skoglienreihen erkannt, von denen die mittlere den Kernschichten, die beiden

seitlichen den Mantelschichten eines versinkenden Faltengebirges angehören. Die Inseln Mustar und Ciovo stellen Übergänge von Präitoralrücken in Ketteninseln dar. Aus der sehr grossen Zahl tektonisch begründeter Einzelheiten der Küstenmorphologie sei hier nur die Gliederung der Südostseite des Muldenhafens von Šibenik genannt; sie wird durch mehrere die Mulde durchschneidende Längsbrüche bedingt.

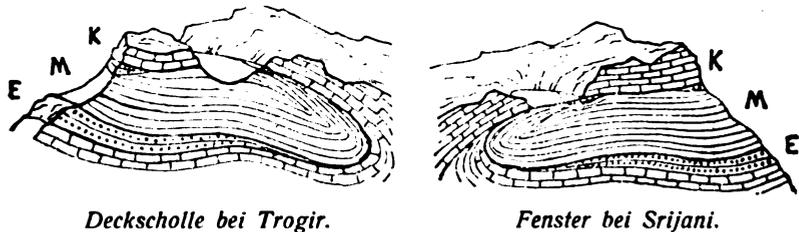
Hier sind noch zwei bei der geologischen Detailaufnahme von Mitteldalmatien entdeckte tektonische Befunde zu erwähnen. Bei den Überschiebungen sieht man naturgemäss nicht mehr die Grenze, bis zu welcher sich das ältere Gestein über das jüngere vorschob. Das erstere wurde aber oft gleichmässig von der Abtragung ergriffen, so dass die Gesteinsgrenze auch jetzt eine ziemlich gerade Linie bildet, welche hinter der ursprünglichen Schubgrenze eine Strecke weit zurückliegt. Manchmal wurde die Gesteinsdecke aber ungleichmässig zerstört, ihr Rand zeigt dann Einschnitte und Vorsprünge. Solches ist an der Überschiebung bei Primošten südlich von Šibenik und an der Überschiebung bei Kliš nördlich von Spljet zu sehen.

Manchmal ist die Gesteinsdecke aber nicht blos am Rande eingeschnitten, sondern durchlöchert. Es treten dann hinter der Überschiebungslinie inmitten der älteren Gesteinsschichten die darunter liegenden jüngeren zu Tage: man nennt das Fenster. Manchmal bleibt dagegen in der Zone der Abtragung der Gesteinsdecke ein Rest derselben erhalten. Dann ist vor der Überschiebungslinie inmitten der jüngeren Gesteinsschichten eine Scholle der älteren zu sehen: Deckscholle. Diejenigen, welche an den von den Geologen jetzt angenommenen Schichtenverschiebungen zweifeln, würden bei den Fenstern glauben, dass sich das jüngere Gestein in einer Vertiefung des älteren abgesetzt habe und bei den Deckschollen würden sie glauben, dass sich das jüngere Gestein um eine Klippe des älteren herumgelagert habe. Dass diese Annahmen falsch wären, lässt sich beweisen, wenn man an den Rändern des Fensters und an den Rändern der Deckscholle zwischen dem unteren und dem darüber geschobenen Gestein noch Reste jener Schichten findet, welche bei normaler Schichtenfolge zwischen beiden liegen würden. Ein Vorkommen solcher Schichtenreste wäre bei den obigen Annahmen nicht erklärbar.

Es wurden nun bei Srijani am Mosor ein tektonisches Fenster und bei Trogir eine Deckscholle aufgefunden, an denen sich der vorige Beweis glänzend führen lässt.

In dem aus Kreidekalk gebildeten Gelände hinter der Überschiebung bei Srijani befindet sich eine Doline, deren Boden aus Mergeln der Flyschformation besteht und an ihren Rändern trifft man Reste von Kalkschichten der mittleren und unteren Eozänformation. In dem aus eozänem Knollenmergel gebildeten Gelände vor der Überschiebung bei Trogir erhebt sich ein Hügel, welcher aus Kreidekalk besteht und an seinen Rändern sind wieder Reste von mittel- und untereozänen Kalken zu sehen. Die Deckscholle bei Trogir konnte bei der anlässlich des IX. internationalen Geologen Kongresses nach Dalmatien unternommenen Geologenreise einer

Anzahl von Gelehrten aus verschiedenen Ländern gezeigt werden. Das Fenster bei Srijani liegt zu weltabgeschieden, als dass es von Fremden besucht werden könnte. Beide Dinge zählen aber zu den erdkundlich interessantesten Phänomenen, welche Dalmatien aufweist.



Deckscholle bei Trogir.

Fenster bei Srijani.

Figur 7.

Es wurde schon erwähnt, dass Mitteldalmatien jener grossartigen Entfaltung des Poljenphänomens entbehrt, welche sich in Westbosnien zeigt. Zur Lösung des Gesamtproblems der Karsthydrographie erscheint so Dalmatien als ein weniger geeignetes Forschungsgebiet als sein Hinterland. Wol aber konnten bei der geologischen Untersuchung zu einzelnen wichtigen karsthydrologischen Fragen Beiträge geliefert werden. Eine dieser Fragen ist die nach dem Bestande eines Karstwasserspiegels. Was die vertikale Verteilung der Quellen betrifft, so zeigt sich in Mitteldalmatien eine sehr ausgesprochene Neigung der Quellen, am Fusse der Gebirge auszutreten. Sie entspringen aber nicht immer an den tiefsten Stellen der Tal- und Poljenränder. Manchmal ist zwischen benachbarten Quellen ein nicht geringer Höhenunterschied vorhanden. In seltenen Fällen kommt es vor, dass die höher gelegene Quelle später versiegt als jene, welche am Gebirgsfusse austritt. Nur in sehr seltenen Fällen treten Quellen auch hoch über den Sohlen der Täler und Poljen aus dem verkarsteten Kalkgebirge aus. So wurden im Gebiete der Kalke und Breccienkalke am Nordabhange des Mosor schwache Quellchen gefunden. Am Berge Deveroga südlich von Muć tritt ein Quellchen aus ziemlich stark gestörten Kalken der Eozänformation aus. Bei Dreznica kommt eine relativ starke Quelle aus Kalken der mittleren Kreide hoch über der Sohle des Vrbatales hervor. Diese Vorkommen sind aber grosse Seltenheiten. Nichts spricht in Mitteldalmatien zu Gunsten der Annahme, dass von den Hochflächen der Planinen bis hinab zu den Schieferunterlagen des tiefen Karstes gleichartige Zirkulationsbedingungen herrschen. Man gewinnt den Eindruck, dass die Kluftnetze der Karstberge bis zu einem örtlich und zeitlich schwankenden Niveau hinab, welches in der Nähe eines benachbarten Meeres- oder Flussspiegels liegt, nur zum Teile und zeitweise ein relativ rasch und vorzugsweise nach der Tiefe wanderndes Wasser führen und dass von diesem Niveau abwärts die Kluftnetze durchwegs und dauernd mit relativ langsam und nach verschiedenen Richtungen sich bewegendem Wasser erfüllt sind.

Eine zweite wichtige Frage ist die nach der Einheitlichkeit des Karstwasserspiegels. Was die horizontale Verbreitung der Karstquellen betrifft,

so treten in Mitteldalmatien an einzelnen Teilstrecken der Gebirgsränder Quellenreihen zu Tage, so besonders im oberen Cetinatale und im Cañon der mittleren Cetina. Es ist aber weder eine Beschränkung der Wasseraustritte auf einige wenige Stellen vorhanden, noch auch eine ganz gleichmässige Verteilung der Quellen über die ganze Erstreckung der Gebirgsränder zu sehen. Diese Umstände sprechen dafür, dass auch die hydrologischen Verhältnisse an solchen Rändern des Karstgebirges, welche von undurchlässigen Schichten besäumt sind, eine Deutung verlangen, welche zwischen den extremen Annahmen der Gelehrten die Mitte hält. Man wird bei dem Hervorbrechen grosser Karstquellen in den Lücken der Mergelvorlagen diese Lücken nicht als die primäre Erscheinung ansehen und nicht annehmen, dass das zerklüftete Gebirge hinter den Mergeln ganz gleichmässig mit Wasser erfüllt ist. Es wäre aber auch nicht berechtigt, diesen Mergelvorlagen jede Stauwirkung abzusprechen und zu glauben, dass jene Lücken nur die Ausfalltore isolierter Wasserstränge seien, und dass sich hinter den Mergelvorlagen im Kalkgebirge kein Wasser befinde. Vermutlich entsprechen die Lücken in den Mergelvorlagen solchen Stellen wo besonders grosse Kluftwasserstränge den Gebirgsrand erreichen, wahrscheinlich treten dort aber auch noch Wasseradern aus, welche seitlich von jenen Strängen auf die Rückwand der Gebirgsvorlage stossen und hinter dieser Wand zu den Ausfalltoren der Hauptstränge abgelenkt werden. Die durch je eine Lücke sich entwässernden Adergeflechte stehen aber wol nicht miteinander im Zusammenhange. Thermometrische Befunde weisen mit Bestimmtheit darauf hin, dass auch im Innern von Kalkgebirgen, in denen keine Scheiderücken von Dolomit oder Schiefer anzunehmen sind, eine Trennung benachbarter Kluftwassernetze platzgreifen kann. Eine Temperaturmessung der Quellen am linken Ufer der oberen Cetina hatte das merkwürdige Ergebnis, dass die Temperatur der Quelle des Veli Rumin um 4^0 höher gefunden wurde als jene der 700 m. entfernten Quelle bei Lovrić und um 3.6^0 höher als die Temperatur des 950 m. entfernten Quellbaches Mali Rumin. Dagegen waren die Wärmeunterschiede zwischen der Quelle bei Lovrić und den mehr als 5 km. entfernten grossen Quellbächen Peruca, Crno Vrelo und Majden Vrelo nur einige Zehntel Grade und war der Wärmeunterschied zwischen dem Mali Rumin und dem 6 km. von ihm entfernten Kozinac nur ein halber Grad. Dieser Befund lässt vermuten, dass die Quelle des Veli Rumin das Ausfallstor eines echten Höhlenflusses ist, welcher in einem der Ponore des Livanjsko polje verschwindet. Gestützt wird diese Vermutung durch den Umstand, dass das Wasser der Quelle des Veli Rumin trüb und von schmutziggrüner Farbe war, während die benachbarten Quellbäche fast oder ganz klares Wasser führten. Jene Vermutung erhält auch dadurch eine Stütze, dass das Wasser der Quelle des Veli Rumin ein wenig nach Erde und verfaulten Wasserpflanzen schmeckte, während das Wasser der Nachbarquellen sehr wohlschmeckend war. Auch zwischen zwei benachbarten Quellen links vom Quellsee der Cetina wurde ein grosser Temperaturunterschied festgestellt. Als Ursachen einer Trennung

benachbarter Kluftwassernetze kommen in Betracht: der manchmal innerhalb gewisser räumlicher Grenzen vorkommende Mangel von Klüften im Kalkgestein, dann eine völlige Verstopfung vorhandener Klüfte mit Höhlenlehm und der Umstand, dass auch ganz mit Wasser durchtränkte Gesteinsmassen die Rolle eines undurchlässigen Gesteines spielen können, wenn ein sehr hoher Reibungswiderstand die Bewegung des Wassers verhindert.

Der Reichtum deso beren Cetinatales an grossen Karstquellen bot Gelegenheit, auch die Frage zu untersuchen, ob die Austrittsorte dieser Quellen an Zonen stärkerer Störungen der Schichten geknüpft sind. Sie konnte in mehreren Fällen bejaht werden. Flussaufwärts von den schon genannten Quellen empfängt die Cetina bereits vier grosse Quellzuflüsse: Radonino, Dragovice, Kresevo und Dabar potok. Flussabwärts vom Kozinac fliessen der Cetina noch der Grab potok und der aus zwei Quellbächen gebildete Ruda potok zu. Die grosse Rudaquelle dürfte wie der Veli Rumin das Ausfallstor eines Höhlenflusses sein.

Sehr viele Beobachtungen konnten bei der geologischen Aufnahme Mitteldalmatiens über jene Quellen gemacht werden, welche nicht zu den Karstquellen gehören. Da die Hydrographen des Karstes ihr Interesse besonders diesen letzteren zuwendeten, liess sich so die Quellenkunde noch mehrfach bereichern und ergänzen. Besonders manigfaltig sind die Schichtquellen des Gebietes. Die Entwicklungsart der geologischen Formationen in Dalmatien bedingt eine grosse Zahl von Kontakten verschieden durchlässiger Gesteine. Es handelt sich da entweder um die Berührung zweier petrographisch von einander abweichender geologischer Horizonte oder um die Einlagerung von Kalkzügen in vorwiegend undurchlässigen Schichten oder um die Einschaltung von undurchlässigen Zwischenlagen in vorwiegend kalkigen Gesteinen. Zur Quellbildung geeignete Schichtgrenzen sind die Grenzen zwischen Tonschiefern und Schieferkalken in der unteren und mittleren Triasformation, die Auflagerung von Kalken auf Kalkmergeln und die Auflagerung von Schottern auf Kalkmergeln in den mittleren und obersten Schichten des jüngeren Tertiärs. In Mitteldalmatien öfter vorkommende Fälle einer Einschaltung durchlässiger Schichten in undurchlässigen sind die Einlagerung von Kalk- und Sandsteinbänken in den Tonschiefern der unteren Trias, die Einlagerung von Bänken von Knollenkalk in Schiefertonen der mittleren Triasformation und die Einschaltung von Breccienkalken und Kalksandsteinen in den Mergeln der oberen Eozänformation. Als Fälle der Einschaltung undurchlässiger Schichten in durchlässigen seien erwähnt: die Einlagerung von Schiefertonen in den Kalkschiefern der unteren Trias, die Einlagerung von Mergeln in den Breccien und Konglomeraten des oberen Eozäns und die Einschaltung von Mergeln in den Konglomeraten und Schottern des jüngsten Tertiärs. Die Schichtgrenzen zwischen den Dolomiten der Trias-Jura und Kreideformation und den über ihnen lagernden Kalken sind dagegen meistens keine Quellenhorizonte. Innerhalb der Dolomite selbst kommt es aber manchmal zur Quellbildung, weil die oberflächlichen ver-

witterten Schichten Wasser aufnehmen, das tiefere frische Dolomitgestein aber ziemlich undurchlässig ist.

Eine geringere Rolle spielen in Mitteldalmatien jene Quellen, welche durch tektonischen Kontakt verschieden durchlässiger Gesteine erzeugt werden. Man findet Quellen auf Verwerfungen, durch welche Tonschiefer der nteren Trias mit Dolomiten der oberen Trias und mit Kalken der oberen Kreide in Berührung kommen, auf Bruchlinien, wo Dolomite und Kalke der Kreideformation zusammenstossen und auf Überschiebungen von Kreidekalk auf eozänem Mergel, dann auch auf Verwerfungen, wo jungtertiäre Mergel an mesozoischen Kalken abstossen.

Häufig trifft man in Mitteldalmatien Schuttquellen. Sie finden sich dort, wo quartäre Blockmassen über jungtertiären Mergeln ausgebreitet sind und dort, wo kalkiger Gehängeschutt auf undurchlässigem Boden ruht. Diese Sachlage ist gegeben wenn ein aus Tonschiefer oder Mergel bestehendes Gelände von einem Steilgehänge von Kalk überragt wird. Dies ist der Fall, wo Schiefer der unteren Trias an Kreidekalke und eozäne Kalkbreccien stossen, wo eozäne Mergel von Kreidekalken überschoben sind und wo jungtertiäre Mergel an mesozoischen Kalken diskordant anlagern. Endlich kommen noch Grundwasserquellen vor, welche in den Alluvien von Flüssen oder Strandgeröllen am Meeresufer austreten.

Wie die Entstehungsbedingungen der Quellen sind auch die Strukturformen der Quellen in Mitteldalmatien sehr mannigfaltig. Die wechselvollen tektonischen Verhältnisse bedingen eine grosse Fülle von Quellformen und die Klarheit, mit welcher sich in Dalmatien bei der weiten Entblössung des Felsbodens der Gebirgsbau meist erkennen lässt, bedingt es, dass auch die Strukturen der Quellen oft gut erkennbar sind. Neben typischen Vertretern der einfachen Quellformen, welche man als absteigende Quellen, als Überfallquellen und als Stauquellen oder Rückstauquellen bezeichnet, kommen auch kompliziertere Formen vor, da die Oberfläche der undurchlässigen Schichte, auf welcher sich das Wasser sammelt, oft nicht eine ebene, sondern eine mehrfach gekrümmte Fläche darstellt. Auch Kombinationen verschiedenartiger Quellformen treten auf. Es würde zu weit führen, hier einzelne Beispiele aufzuzählen.

Wenn auch die Karstquellen die wichtigsten hydrographischen Erscheinungen in Dalmatien sind, so beanspruchen doch auch die nicht an das Karstphänomen gebundenen Quellen vieles Interesse, nicht blos in theoretischer, sondern auch in praktischer Beziehung. Denn manche dieser Quellen sind reich genug, um zu Wasserversorgungen herangezogen zu werden. Während Spltjet, Šibenik und jetzt auch Sinj ihr Trinkwasser aus grossen Karstquellen (Jadar, Krčić, Kozinac) beziehen, werden Skradin, Drniš und Muć mit Trinkwasser aus Schichtquellen versorgt. Es lohnte sich desshalb, bei der geologischen Aufnahme Mitteldalmatiens auch das Quellenphänomen sehr genau zu untersuchen.

Fritz Kerner v. Marilaun.